

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭62-150721

⑬ Int.Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和62年(1987)7月4日

H 01 L 21/30

Z-7376-5F

G 03 F 7/20

7124-2H

H 01 L 21/68

7168-5F

審査請求 未請求 発明の数 1 (全11頁)

⑮ 発明の名称³⁾ 投影型露光装置

⑯ 特 願 昭60-291442

⑰ 出 願 昭60(1985)12月24日

⑱ 発 明 者 柿 崎 幸 雄 東京都品川区西大井1丁目6番3号 日本光学工業株式会社大井製作所内

⑲ 発 明 者 馬 込 伸 貴 東京都品川区西大井1丁目6番3号 日本光学工業株式会社大井製作所内

⑳ 発 明 者 森 晋 東京都品川区西大井1丁目6番3号 日本光学工業株式会社大井製作所内

㉑ 発 明 者 林 豊 東京都品川区西大井1丁目6番3号 日本光学工業株式会社大井製作所内

㉒ 出 願 人 日本光学工業株式会社 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

㉓ 代 理 人 弁理士 渡辺 隆男

明 細 書

1. 発明の各称

投影型露光装置

2. 特許請求の範囲

(1) マスクに形成された原画パターンの像を投影光学系を介して感光基板に結像させて露光する装置において、

前記マスクを保持して、前記投影光学系の光軸と略垂直な面内で2次元的に移動させる第1ステージと；

前記感光基板を載置して、前記光軸と略垂直な面内で2次元的に移動させる第2ステージと；

前記第1ステージに設けられた可動鏡と、装置の固定部に設けられた固定鏡とにコヒーレントな平行光束を照射し、前記第1ステージの位置を検出する第1の光波干渉測長器と；

前記第2ステージに設けられた可動鏡と、装置の固定部に設けられた固定鏡とにコヒーレントな平行光束を照射し、前記第2ステージの位置を検出する第2の光波干渉測長器とを備え、前記第1

光波干渉測長器による測定軸と前記第2光波干渉測長器による測定軸とが略平行になるように設けたことを特徴とする投影型露光装置。

(2) 前記第1光波干渉測長器用の固定鏡と前記第2光波干渉測長器用の固定鏡とを共に前記投影光学系の鏡筒の一部に設けたことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の装置。

(3) 前記第1光波干渉測長器による測定座標系の原点と、前記第2光波干渉測長器による測定座標系の原点とが、所定の初期状態のとき前記投影光学系の光軸を通るように配置されていることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の装置。

3. 発明の詳細な説明

(発明の技術分野)

本発明は半導体素子を製造するためのウェハステッパー又は一括露光用のフォトリソマスクを製造するためのフォトリソマスク等として使われる投影型露光装置に関する。

(発明の背景)

近年、半導体素子(特にVLSI)の集積度、

微細化の向上は目ざましく、これを製造するための露光装置に要求される機能、精度もそれに伴って年々厳しくなっている。特に縮小（又は等倍）投影型露光装置は、レチクルと呼ばれる原版に形成された回路パターン³の像を投影レンズによって感光基板（フォトリジストを塗布したウェハ）上の局所領域に結像させて露光するものである。この場合、1回の露光で転写し得る像の面積がウェハ全面の大きさに対して小さいときは、ウェハを載置して2次元移動するウェハステージを設け、このウェハステージをステップ・アンド・リビート方式で移動させてレチクルの回路パターン像の転写を行なう。一般に半導体素子の製造においては、ウェハ上に数層〜十数層のパターンを正確に重ね合わせて露光することが行なわれ³が、上記ステップ・アンド・リビート方式ではウェハ上の露光すべき領域毎に回路パターン像との相対的な位置合わせが達成されるので、ウェハ全面に渡って均一な重ね合わせ精度が得られる。この際、ウェハ上にすでに形成された回路パターンと、レチク

ルの回路パターン像とのステッピング後の位置合わせは、ウェハステージの位置を高分解能（例えば $0.02\mu\text{m}$ ）のレーザ光波干涉測長器（レーザ干涉計）によって検出している場合は、そのウェハステージの位置を微動させて行なうことができる。あるいはステッピング後、レチクルを保持したレチクルステージの位置を投影レンズの倍率を考慮して微動することによって位置合わせできる。いずれの方式であってもウェハステージ側のレーザ干涉計によって規定された直交座標系のx軸方向とy軸方向とは干涉計の分解能程度で位置合わせされるが、特にレチクルを微動させる方式ではレチクルを微小回転させることにより、ウェハ上の露光領域と回路パターン像との相対的な回転誤差をも露光ショット毎に高精度に補正することができる。

レチクルステージの微動は、レチクル上のアライメントマークとウェハ上のアライメントマークとの相対的なずれ量を検出し、そのずれ量分だけレチクルステージを動かす、所謂オープン制御方

式と、相対的なずれ量に応じた信号に基づいてレチクルステージをサーボ駆動させる、所謂クローズ制御方式とに大別できる。いずれの場合もレチクルステージの位置を読み取るセンサーが必要ではあるが、特にオープン制御の場合は高精度なセンサーが必須になる。このセンサーとしてウェハステージの位置検出と同様にレーザ干涉計を用いることが考えられる。この場合ウェハステージと同様にレチクルステージの上にx方向とy方向とに反射面が伸びた移動鏡を配置すれば、ただちに高精度なレチクルステージの位置検出が可能になるが、ウェハステージ側のレーザ干涉計との整合性を配慮しないと、1枚のウェハが複数の露光装置間を巡ってくる場合に、各装置間で装置定数を厳密に管理しなければならなくなる。これは露光装置を複数台配列する半導体工場においてオートメーション化を妨げ、オペレータに複雑な作業を強いることになるといった欠点が生じる。

（発明の目的）

本発明は上記欠点を解決し、レチクルステージ

等をレーザ干涉計によって位置検出するような構成の露光装置において、複雑な装置定数（システムオフセット等）の管理を実質的に低減させて信頼性を高めた投影型露光装置を得ることを目的とする。

（発明の概要）

本発明は、ウェハステージ側のレーザ干涉計によって規定された測定軸と、レチクルステージ側のレーザ干涉計によって規定された測定軸とを常に平行に保つように構成したことを技術的要点としている。

（実施例）

第1図は本発明の実施例による投影型露光装置の概略的な構成を示す斜視図である。第1図においては光波干涉測長器（以下干涉計と呼ぶ）に必要な基本的な系のみを示す。第1ステージとしてのレチクルステージ1はレチクルRを所定の直交座標系XA、YA内に平行に載置し、2次元（X方向、Y方向、及び回転方向）に移動する。レチクルR上の回路パターン等は不図示の照明光学

系からの照明光で照射され、そのパターンは投影レンズ2によってウェハW上に結像投影される。ウェハWは第2ステージとしてのウェハステージ3に載置され直交座標系XA、YA内で2次元的に移動される。

ウェハステージ3上の2辺には反射面がX方向に伸びた移動鏡4aと、反射面がY方向に伸びた移動鏡4bとが固定されている。レーザ光源5からの平行なレーザ光束は2つに分割されたのち、それぞれビームスプリッタ6、7に入射する。ビームスプリッタ6ではレーザ光束を2つに分け、一方は移動鏡4aの反射面に垂直に入射し、他方のレーザ光束は投影レンズ2の鏡筒の下端部（ウェハステージ3に近い位置）に固定された固定鏡8の反射面に垂直に入射する。移動鏡4aからの反射光束と固定鏡8からの反射光束とは再びビームスプリッタ6に入射し、その2つの反射光束は同軸に合成され干渉計のレシーバ9に入射する。レシーバ9は干渉縞の変化を光電検出するものである。同様にビームスプリッタ7ではレーザ光束

を2つに分け、一方は移動鏡4bの反射面に垂直に入射し、他方のレーザ光束は投影レンズ2の鏡筒の下端部に固定された固定鏡10の反射面に垂直に入射する。移動鏡4bからの反射光束と固定鏡10からの反射光束とは再びビームスプリッタ7に入射し、その2つの反射光束は同軸に合成され干渉計のレシーバ11に入射する。レシーバ9はステージ3のYA方向の位置変化を検出するものであり、その測定軸（例えばレーザ光束の中心線）は投影レンズ2の光軸AXと直交するように配置される。またレシーバ11はステージ3のXA方向の位置変化を検出するものであり、その測定軸も同様に光軸AXと直交するように配置される。さらにその2つの測定軸を含む平面が投影レンズ2の投影結像面とほぼ一致するように配置されている。2つの測定軸は光軸AX上で直交し、座標系XA、YAを構成する。上記レーザ光源5、ビームスプリッタ6、7、及びレシーバ9、11によって本発明の第2光波干渉測長器が構成される。

一方、レチクルステージ1の2次元的な位置（回転も含む）もレーザ干渉計によって検出される。レーザ光源18からの平行なレーザ光束は、まず2つに分割され、その一方のレーザ光束はビームスプリッタ20に入射し、他方のレーザ光束はさらに2つに分割される。その分割された一方のレーザ光束はビームスプリッタ22に入射し、他方のレーザ光束は所定の光路引き回しが行なわれてビームスプリッタ24に入射する。ビームスプリッタ20に入射したレーザ光束は2つに分けられ、一方のレーザ光束はレチクルステージ1に固定された直角ミラー21に入射し、他方のレーザ光束はプリズムミラー26で光軸AXと平行に反射された後、再び水平に折り曲げられて、投影レンズ2の鏡筒の上端部（レチクルステージ1に近い位置）に設けられ固定鏡27の反射面に垂直に入射する。またビームスプリッタ22に入射したレーザ光束は2つに分けられ、一方のレーザ光束はレチクルステージ1に固定された直角ミラー23に入射し、他方のレーザ光束はプリズムミラー26

で光軸AXと平行に反射された後、再び水平に折り曲げられて固定鏡27の反射面に垂直に入射する。さらにビームスプリッタ24に入射したレーザ光束も2つに分けられ、一方のレーザ光束はレチクルステージ1に固定された直角ミラー25に入射し、他方のレーザ光束は光軸AXと平行になるように折り曲げられた後、水平に折り曲げられてから、鏡筒の上端部に固定された固定鏡28の反射面に垂直に入射する。尚、固定鏡27の反射面と固定鏡28の反射面とは互いに直交するように定められ、固定鏡27の反射面は座標系XA、YAのXA軸と光軸AXとを含む平面と平行であり、固定鏡28の反射面はYA軸と光軸AXとを含む平面と平行である。

ここで第2図を用いてレチクルステージ1の回りの干渉計の構成についてさらに詳細に説明する。第2図において干渉に必要な1/4波長板等は省略してある。第2図はレチクルRがレチクルステージ1上に微小回転して載置された状態を示し、レチクルステージ1は直交座標系XA、YA内に

において回転していないものとする。第2図において30、31はビームスプリッタであり、32、33、34はミラーであり、そして36、37、38はそれぞれ干渉計用のレシーバ（光電検出部）である。ここでレチクルステージ1の中心点をOSとすると、レチクルステージ1がXA方向とYA方向とに関してニュートラル位置にあるとき、中心点OSに光軸AXが通るように定められている。また第2図中でレチクルR上の2ヶ所にはアライメント用のマークR₁、R₂が既知の間隔で設けられている。このマークR₁、R₂に対応したマークW₁、W₂はウェハW上の1つの被露光領域内に設けられたものであり、投影レンズ2を介してレチクルR側に逆投影されているものとする。

さてビームスプリッタ30で反射されたレーザー光束LB₁は、ウェハステージ3側の干渉計の測定軸によって規定された座標系XA、YAのYA軸と平行にビームスプリッタ20のスプリット面20aに入射する。スプリット面20aを透過し

6を介して固定鏡27に入射し、ここで反射されて再びプリズムミラー26に戻り、ビームスプリッタ20のスプリット面20aを透過してレシーバ36に入射する。このようにレシーバ36にはレチクルステージ1に固定された移動鏡としての直角ミラー21からの戻り光束と固定鏡27からの戻り光束とが同軸に合成されて入射するので、レシーバ36内の受光面には干渉縞が生じ、それは直角ミラー21の移動に伴って明滅する。このレシーバ36によって検出される測長量は位置 θ_1 のレーザー光束LB₁の送光軸方向、すなわち座標系XA、YAのYA軸方向のみの移動動量である。

同様に、ビームスプリッタ31で反射されたレーザー光束LB₂はビームスプリッタ22のスプリット面22aを透過した後、直角ミラー23の第1反射面23aと第2反射面23bとで反射され、ビームスプリッタ22の一部に形成された反射面22bに入射する。レーザー光束LB₂もYA軸と平行であり、反射面22bはレーザー光束LB₂の光路軸と垂直に配置されている。そして直角ミラ

ー23の反射面23aと23bとの成す角度は正確に90°に形成され、その交点は位置Y₁に定められている。従って、直角ミラー23の微小な回転等にかかわらず、レーザー光束は反射面22bに垂直に入射し、元の光路をそのまま戻る。このためレシーバ37にはプリズムミラー26、スプリット面22aを介して固定鏡27からの反射光束が入射するとともに、反射面22bからの反射光束が入射する。このレシーバ37によって検出される測長量は位置Y₁のYA軸方向のみの移動動量である。また位置 θ_1 と位置Y₁とはレチクルステージ1が回転していないときに、座標系XA、YAのYA軸によってX方向に2等分される点に定められている。ビームスプリッタ20とレシーバ36により構成される θ 軸干渉計の測定軸は、レーザー光束LB₁の中心線、又は位置 θ_1 を通りレーザー光束LB₁と平行な線であり、これは座標系XA、YAのYA軸と平行である。またビームスプリッタ22とレシーバ37により構成されるY軸干渉計の測定軸はレーザー光束LB₂の中心線、

又は位置 Y_1 を通りレーザ光束 $L B_1$ と平行な線であり、これも $Y A$ 軸と平行である。そして本実施例において重要なことは θ 軸干渉計の測定軸と Y 軸干渉計の測定軸との中心に、レチクルステージ1の中心点 $O S$ を通るような Y 方向の測定軸が仮想的に存在することである。この仮想的な測定軸がレチクルステージ1の位置検出用の干渉計によって規定される直交座標系 $X B$ 、 $Y B$ の $Y B$ 軸である。

さて、レーザ光源18からのレーザ光束のうち、ミラー32、33で反射されてビームスプリッタ24に入射するレーザ光束 $L B_1$ は座標系 $X A$ 、 $Y A$ の $X A$ 軸と平行である。ビームスプリッタ24のスプリット面24aを透過したレーザ光束は直角ミラー25の第1反射面25a、第2反射面25bで反射され、ビームスプリッタ24の一部に形成された反射面24bに垂直に入射する。反射面25aと25bとの交点は位置 X_1 に定められ、この位置 X_1 は座標系 $X B$ 、 $Y B$ の $X B$ 軸上に一致するように定められている。ビームスプリ

ッタ24のスプリット面24aで反射されたレーザ光束 $L B_1$ はミラー34で下方で反射されて固定鏡28に向かう。この固定鏡28からの反射光束は再びミラー34で反射され、スプリット面24aを透過してレシーバ38に入射する。同時に反射面24bで垂直に反射したレーザ光束は反射面25b、25aで反射され、さらにスプリット面24aで反射されてレシーバ38に入射する。このレシーバ38は位置 X_1 の $X B$ 軸方向のみの移動量を検出する。上記ビームスプリッタ24とレシーバ38により構成される X 軸干渉計の測定軸は位置 X_1 を通りレーザ光束 $L B_1$ と平行な線であり、これは座標系 $X B$ 、 $X Y$ の $X B$ 軸である。従ってレチクルステージの位置検出用の干渉計による座標系 $X B$ 、 $X Y$ の各軸と座標系 $X A$ 、 $Y A$ の各軸とは第1図に示すように空間的にねじれの関係にならないように平行である。しかも、 $X A$ 軸と $X B$ 軸とを含む平面内に光軸 $A X$ が含まれ、 $Y A$ 軸と $Y B$ 軸とを含む平面内にも光軸 $A X$ が含まれるように構成されている。

さて第3図は第1図の装置を、光軸 $A X$ と $X A$ 軸(又は $X B$ 軸)とを含む平面で破断した断面図である。レチクルステージ1は干渉計保持コラム40上にベアリング41を介して載置され、水平面内の全ての方向に可動である。保持コラム40には干渉計を構成する各光学部材(レシーバも含む)が固定されている。第3図では代表してビームスプリッタ24とミラー32を示してある。保持コラム40の干渉計載置部の下にはモータ駆動部42が固定され、その駆動はネジ部の往復運動に変換され、連接棒43を介してレチクルステージ1に伝えられる。このモータ駆動部は3軸の干渉計の夫々に対応して独立に3個配置されており、その駆動点は本実施例では位置 θ_1 、 Y_1 、 X_1 の近傍に定められ、夫々各軸の干渉計の測定軸方向の移動をレチクルステージ1に与える。尚、この駆動点の位置については特に限定されるものではない。さて、投影レンズ2は基底定盤44の上に構築されたレンズ保持コラム45の台座45aの上に保持される。投影レンズ2の鏡筒周囲には

台座45aに載置するためのフランジ部2aが形成されている。基底定盤44上にはウェハステージ3が2次元移動可能に載置される。そして保持コラム45の上にはワッシャ46を介して、前述の干渉計保持コラム40が載置されている。このワッシャ46はレチクルRとウェハWとの距離を投影レンズ2に合わせ調整するためのものである。またワッシャ46は投影レンズ2の周辺の複数ヶ所に設けられ、それぞれのワッシャの厚みを微妙に調整することによって、投影レンズ2の投影結像面とウェハWの表面とを精密に平行にすることができる。第3図ではレーザ光束 $L B_1$ のみしか示していないが、レーザ光束 $L B_1$ 、 $L B_2$ 、及び $L B_3$ はともに光軸 $A X$ と垂直な同一の水平面内に位置し、この水平面はレチクルRのパターン面すなわちレチクルステージ1のレチクル載置面とできるだけ一致するように定められている。これはレチクルR上のパターン面に形成されたマーク R_1 、 R_2 等を不図示のアライメント顕微鏡で検出する際、パターン面に対してアッベ(Abbe)

の原理を満足するようにしてマーク R_1 、 R_2 の位置検出時のアッペ誤差を零にするためである。

尚、第1図、第2図等において示したレチクル側の3軸の各干渉計システムは、所謂シングルパスよりも高い分解能が得られるダブルパス方式である。

次に本実施例の動作を説明するが、ウェハステージ側の干渉計の動作については公知なので説明を省略し、専らレチクルステージ側の干渉計の動作について説明する。まず、第2図のようにレチクルステージ1がニュートラル位置(x 方向、 y 方向及び回転方向の位置ずれがない状態)にある場合、レチクルステージ1を座標系 XB 、 YB の XB 軸の方向のみに動かしたときの様子を述べる。この場合位置 X_1 、すなわち直角ミラー25が XB 軸方向に移動するので、当然ビームスプリッタ24のスプリット面24aから反射面24bまでのレーザ光束の光路長は変化する。この変化量はレシーバ38によって X 方向移動量として検出される。一方、直角ミラー21と23については、

それぞれレーザ光束 LB_1 、 LB_2 に対して直交する方向に動くのみであるから、直角ミラー21、23の光学的な性質からスプリット面20aから反射面20bまでの光路長とスプリット面22aから反射面22bまでの光路長とは共に不変である。従ってレシーバ36により検出される位置 θ_1 の YB 軸方向の変位量と、レシーバ37により検出される位置 Y_1 の YB 軸方向の変位量とは共に零である。

また、レチクルステージ1が YB 軸方向のみに移動した場合は、同様に直角ミラー25の光学的な性質によってレシーバ38によって検出される移動量は零であり、レシーバ36、37によって検出される移動量は共に等しい値になる。

次にレチクルステージ1がニュートラル位置で中心点 OS の回りに $\Delta\theta$ だけ回転した場合について第4図を参照して説明する。第4図は3軸の各干渉計の光路変化の様子を示す平面図である。レチクルステージ1は座標系 XB 、 YB 内で $\Delta\theta$ だけ反時計方向に回転しているものとする。 $1'$ は

回転がないときのレチクルステージの位置を表わす。この第3図からも明らかなように、位置 θ_1 、(以後点 θ_1 とする)はニュートラル位置に対して XB 軸の正方向と、 YB 軸の正方向とに変位するとともに、直角ミラー21は点 θ_1 を中心に $\Delta\theta$ だけ反時計方向に回転したように変位する。位置 Y_1 、(以下点 Y_1 とする)については XB 軸の正方向と YB 軸の負方向とに変位するとともに、直角ミラー23は点 Y_1 を中心に $\Delta\theta$ だけ反時計方向に回転したように変位する。そして位置 X_1 、(以下点 X_1 とする)については XB 軸の正方向と YB 軸の負方向とに変位するとともに、直角ミラー25は点 X_1 を中心に $\Delta\theta$ だけ反時計方向に回転したように変位する。本実施例では中心点 OS から点 θ_1 までの距離と、中心点 OS から点 Y_1 までの距離とが等しく中心点 OS 、点 θ_1 、 Y_1 の3点を頂点とする二等辺三角形に定められているので、点 θ_1 と Y_1 との XB 軸方向の変位は方向も大きさも同一であり、 YB 軸方向の変位は互いに逆向きで等しい大きさである。ここで点 θ_1

を通り YB 軸(あるいはレーザ光束 LB_1)と平行な線を l_1 とし、点 Y_1 を通り YB 軸(あるいはレーザ光束 LB_2)と平行な線を l_2 とし、そして点 X_1 を通り XB 軸(あるいはレーザ光束 LB_3)と平行な線を l_3 とすると、 θ 軸干渉計のレシーバ36によって検出される変位量は点 θ_1 の線 l_1 上の移動量 Δy_a のみになり、 Y 軸干渉計のレシーバ37によって検出される変位量は点 Y_1 の線 l_2 上の移動量 Δy_b のみになり、 X 軸干渉計のレシーバ38によって検出される変位量は点 X_1 の線 l_3 上の移動量 Δx (第4図には微量なので表示していない)のみになる。本実施例では Δy_a と Δy_b との大きさは同じ値になる。また第4図のように $\Delta\theta$ だけ回転したままレチクルステージ1が XB 方向又は YB 方向に平行移動した場合、 θ 軸干渉計の計測値と Y 軸干渉計の計測値との差は変化しない。以上のように本実施例のように構成された3軸の干渉計では、点 θ_1 と Y_1 の YB 軸方向の変位量と点 X_1 の XB 軸方向の変位量とを独立に正確に計測することができる。

従って $\Delta\theta$ の回転を補正するために必要な点 θ_1 、 Y_1 、 X_1 の移動方向とその量が一義的に求められることになる。すなわち各干渉計の計測量だけ点 θ_1 と Y_1 については YB 方向への移動をあたえればよく、点 X_1 については XB 方向への移動を与えればよく、回転量 $\Delta\theta$ とは無関係に各点 θ_1 、 Y_1 、 X_1 の移動方向は常に一定でよいことになる。また点 θ_1 と Y_1 の YB 方向の位置と点 X_1 の XB 方向の位置とが求まれば、レチクルステージ1に対する点 θ_1 、 Y_1 、 X_1 の配置関係が不変であること、及びレーザ光束 $L B_1$ 、 $L B_2$ 、 $L B_3$ の配置関係も不変であることから、必要とするレチクルステージ1の回転量、すなわち点 θ_1 、 Y_1 、 X_1 が存在すべき位置の座標値は簡単な演算により、干渉計の分解能（例えば $0.02\mu m$ ）のオーダーで決定することができる。尚、直角ミラー21、23、25の光学的な性質によって各直角ミラーが点 θ_1 、 Y_1 、 X_1 を中心にして回転したとしても、レーザ光束の光路長は一切変化しない。さらに各直角ミラーが回転したま

ま、線 ℓ_1 、 ℓ_2 、 ℓ_3 と直交する方向に平行移動した場合も光路長は一切変化しない。

ところで第2図に示したように、ウェハW上のマーク W_1 、 W_2 に対するレチクルR上のマーク R_1 、 R_2 の2次元的なずれが、 XB 方向に Δx 、 YB 方向に Δy 、そして回転方向に $\Delta\theta$ だけ回転していることが不図示のアライメント顕微鏡を用いて求められれば、マーク R_1 と W_1 とを重ね合わせ、かつマーク R_2 と W_2 とを重ね合わせるアライメントは、3軸の各干渉計の計測量のみに基づいて高速に実行できる。あるいはずれ量 Δx と Δy についてはウェハステージ3で補正し、レチクルRの回転のみをレチクルステージ1で補正するようにしてもよい。この場合は θ 軸干渉計と Y 軸干渉計との2軸を設けるだけでよい。

また第4図からも明らかなように、レチクルステージ1の回転によって線 ℓ_1 と ℓ_2 の中間に平行に存在する中心線は YB 軸から XB 方向にずれて、測定軸（ YB 軸）が光軸 AX を通らなくなるが、その量はレチクルステージ1の回転量が小さ

い場合は小さくなる。またレーザ光束 $L B_1$ と $L B_2$ との中間に平行に存在する中心線を測定軸と考えれば、これは常に YB 軸と一致して不変である。しかしながらいずれの場合も θ 軸干渉計と Y 軸干渉計との両測定軸はウェハステージ3側の座標系 XA 、 YA の YA 軸と常に平行であり、このことが本発明において最も重要なことである。 X 軸干渉計についても同様であり、点 X_1 を通る線 ℓ_1 はレチクルステージ1の初期位置からの回転によって YB 方向に変位してしまうが、線 ℓ_2 （測定軸）は座標系 XA 、 YA の XA 軸と常に平行であり、このことが本発明において最も重要なことである。

次に上記装置を用いたレチクルRとウェハWとのアライメント特にウェハW上の1つの被露光領域とレチクルR上のパターンとのアライメント、所謂ダイ・バイ・ダイアライメントについて第5図を参照して説明する。

第5図において、ウェハW上の露光領域の周辺にはステップ・アライメント用のマーク W_1 、 W_2

が形成され、この2つのマーク W_1 、 W_2 はともに座標系 XA 、 YA の XA 軸上にあるものとする。その座標系 XA 、 YA に対してレチクルステージ1上のレチクルRは $\Delta\theta$ だけ反時計方向に回転し、かつ XA 方向と YA 方向にずれているものとする。尚、第5図中、直交座標系 $\alpha\beta$ はレチクルRの中心ORを原点にして定めたレチクル内の系であり、座標系 XA 、 YA と座標系 $\alpha\beta$ とが正確に一致（重合）するようにアライメントされるべきものである。そしてレチクルRにはマーク W_1 、 W_2 の夫々に対応するようにマーク R_1 、 R_2 が α 軸上に形成されている。マーク W_1 と W_2 の間隔とマーク R_1 と R_2 の間隔とは、レチクル上又はウェハ上で等しくなるように定められている。

さて、第5図の状態であらいてアライメント顕微鏡を用いてマーク W_1 と R_1 との XA 方向と YA 方向との相対的な位置ずれ量を検出し、同様にマーク W_2 と R_2 との XA 方向と YA 方向との相対的な位置ずれ量を検出する。これらの位置ずれ量に基づいて、レチクルRの中心ORの光軸 AX に対する X

A方向のずれ量 ΔX_r と、YA方向のずれ量 ΔY_r とを求めさらに回転量 $\Delta \theta$ も求める。その回転量 $\Delta \theta$ の補正は、座標系XB、YBのXB軸とXA軸とが平行であることから、点 θ_1 とY₁とを結ぶ線分がXB軸に対して $-\Delta \theta$ だけ傾くようにレチクルステージ1を回転させることによって完了する。またずれ量 ΔX_r 、 ΔY_r についても、投影レンズ2の投影倍率を考慮して、レチクルステージ1をXA方向とYA方向とに、第5図中矢印Zで示すように移動させることによって補正される。

ここで点 θ_1 、Y₁、X₁の座標系XA、YA上での座標値を以下のように定めるものとする。

$$\theta_1 = (X_{a\theta}, Y_{a\theta})$$

$$Y_1 = (X_{aY}, Y_{aY})$$

$$X_1 = (X_{aX}, Y_{aX})$$

このときレチクル側の3軸の各干渉計による計測値が $D\theta$ 、 DY 、 DX が以下の(1)、(2)、(3)式で表わされる値になようにレチクルステージ1を動かすと、上記アライメントが完了する。

$$\dots\dots (1)$$

$$D\theta \approx -OR_y + (OR_x - X_{a\theta}) \cdot \Delta \theta$$

$$\dots\dots (2)$$

座標値(OR_x 、 OR_y)はマークR₁、W₁及びマークR₂、W₂の相対位置関係からただちに求まり、点X₁のY座標値 Y_{aX} 、点Y₁のX座標値 X_{aY} 、及び点 θ_1 のX座標値 $X_{a\theta}$ は、レチクルの座標系XB、YB内での3軸の干渉計の計測値からただちに演算して求めることができる。

尚、上記(1)、(2)、(3)式で誤差となる要素は、直角ミラー21、23、25の夫々の頂点 θ_1 、Y₁、X₁の相対的な座標位置の正確さである。この相対的な座標位置が設計上の位置から大きくずれていると、アライメント時に回転量 $\Delta \theta$ が存在するときのみ、上記演算によって求めた量だけレチクル側の3軸の干渉計の計測値に基づいてレチクルステージ1を移動させても、アライメント誤差が発生する。例えば点 θ_1 とY₁との距離及び点Y₁とX₁との距離が設計値に対して $\pm 50 \mu m$ の精度内にあるものとする、レ

$$DX = (\cos \Delta \theta - 1) \cdot X_{aX} - OR_x \cdot \cos \Delta \theta - (OR_y - Y_{aX}) \sin \Delta \theta$$

$$\dots\dots (1)$$

$$DY = (\cos \Delta \theta - 1) \cdot Y_{aY} - OR_y \cdot \cos \Delta \theta + (OR_x - X_{aY}) \sin \Delta \theta$$

$$\dots\dots (2)$$

$$D\theta = (\cos \Delta \theta - 1) \cdot Y_{a\theta} - OR_y \cdot \cos \Delta \theta + (OR_x - X_{a\theta}) \sin \Delta \theta$$

$$\dots\dots (3)$$

この(1)～(3)式で OR_x と OR_y はレチクルRの中心ORの座標系XA、YB上での座標値である。

上記(1)～(3)式において、回転量 $\Delta \theta$ が極めて小さいものとする、 $\cos \Delta \theta = 1$ 、 $\sin \Delta \theta = \Delta \theta$ と近似できるから、(1)～(3)式のそれぞれは以下の(4)、(5)、(6)式のように簡単になる。

$$DX \approx -OR_x - (OR_y - Y_{aX}) \cdot \Delta \theta$$

$$\dots\dots (4)$$

$$DY \approx -OR_y + (OR_x - X_{aY}) \cdot \Delta \theta$$

レチクルステージ1によって回転量 $\Delta \theta \approx 3'$ の補正を行なう場合、ウェハ側の座標系XA、YAでは計算上 $\pm 0.01 \mu m$ 程度のアライメント誤差が残る。しかしながらこの量は干渉計の分解能のオーダーであり、十分小さいと言える。

以上本実施例ではウェハ側の座標系XA、YAとレチクル側の座標系XB、YBとは予め計測値が相関付けられているものとしたが、その相関付けの作業も容易である。それにはウェハステージ3上にウェハ上のマークW₁、W₂と同形の基準マーク(フィデューシャルマーク)を設け、この基準マークを走らせてレチクルマークR₁とR₂の夫々を基準マークと重ね合わせたときのウェハステージ3の位置を検出し、その位置と3軸の各干渉計の計測値とをつき合わせればよい。またレチクルステージ1にレチクルRを載置して、レチクルRの装置に対するアライメントを行なう際も、3軸の各干渉計とウェハステージ3上の基準マークとを用いて、干渉計の分解能で決まる精度でレチクルRの装置(座標系XA、YA)に対する位

置決めが達成される。

さらに本実施例では直角ミラー21、23、25の各頂点 θ_1 、 Y_1 、 X_1 はレチクルステージ1の周辺部に定めたが、これは必須の要件ではなく、予め位置がわかっている限りどこに存在してもよい。またレチクルステージ1の駆動点の位置も点 θ_1 、 Y_1 、 X_1 の近傍である必要はない。例えばレチクルRをウェハステージ3と同様のXYステージの上に θ テーブルを介して載置してもよい。この場合、XYステージは座標系XA、YB(XB、YB)の座標軸方向のみに移動し、 θ テーブルはXYステージ上を水平面内で回転するように構成され、直角ミラー21、23、25はその θ テーブルに固定される。

また第1図に示すように、レチクル側の3軸の干渉計用の固定鏡27、28は投影レンズ2の鏡筒の上方に設けたが、理論的には固定鏡27、28を鏡筒の下方に設け、例えばウェハ側の干渉計用の固定鏡8、10と兼用することが望ましい。しかしながら現実的にはレチクルRと鏡筒下部ま

での距離は数百mm以上あるので、レチクル側の干渉計から鏡筒下部の固定鏡に向う参照光束の光路長が長くなり、ビームのゆらぎ(空気のゆらぎ)による計測誤差が無視できない程度に大きくなることもある。そのため実際には、鏡筒上部に固定鏡27、28を設けることが計測精度の点では有利である。

さらに第1図において、レチクル側の干渉計とウェハ側の干渉計とは、そのレーザー光源を別々にしたが、光学系の配置、レーザー光束の引き回し等を工夫して単一のレーザー光源としてもよい。

(発明の効果)

以上本発明によれば、レチクル(マスク)側の位置検出系の測定座標系を規定する測定軸と、ウェハ(感光基板)側の位置検出系の測定座標系を規定する測定軸とを相対的な回転ずれがないように定め、しかも両位置検出系を光波干渉計で構成し、その固定鏡を共に投影光学系の鏡筒に抱かせるようにしたので、共通の固定点を有する2つの測定座標系という概念を有することになり、誤差

要因を排除するという観点で有利であり、重ね合わせ精度はオープン制御でアライメントしたとしても大幅に向上する。

さらに、レチクル側とウェハ側との両測定座標系が相対的な回転ずれなく、しかも座標系の原点のずれが最小になるように定められた重合した相関干渉計システムを構成しておく、このようなシステムを有する複数台の露光装置の間をウェハが巡って、順次重ね合わせ露光をしていく工程において、所謂装置間のマッチング精度を保持する上でコントロール(調整)すべきパラメータ(装置定数等)数を大幅に低減できるといった効果が得られる。これは半導体工場における露光処理工程でのオペレータの作業を簡素化できることを意味する。

また実施例によれば、レチクルステージには移動鏡として直角ミラーを用い、これを3ヶ所に設けて3軸の干渉計システムを構成しているため、レチクルステージを回転させたとしても3軸の干渉計システムの各測定軸の方向は一切変化せず、

ウェハステージ側の干渉計システムの座標系の測定軸と常に平行に保たれている。このためウェハ上のパターンとレチクル上のパターンとのアライメントの際の回転誤差補正を、レチクルステージの簡単な制御によって高速に、かつ精密に実行し得るから、重ね合わせ精度とスループットとの向上が同時に達成されるといった利点もある。

4. 図面の簡単な説明

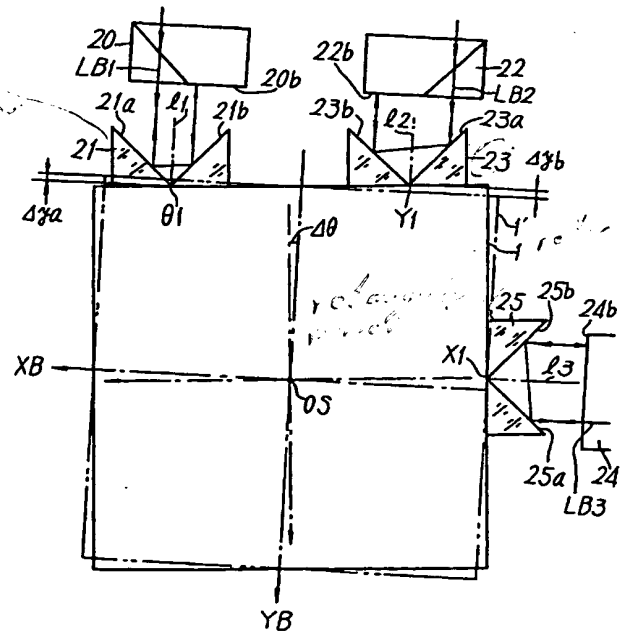
第1図は本発明の実施例による投影型露光装置の概略的な構成を示す斜視図、第2図はレチクルステージ側の光波干渉計システムの構成を示す平面図、第3図は第1図、第2図の装置を光軸を含む平面で破断した断面図、第4図はレチクルステージ側の光波干渉計システムの動作を説明する平面図、第5図はレチクルとウェハとのアライメントの方法を説明する平面図である。

(主要部分の符号の説明)

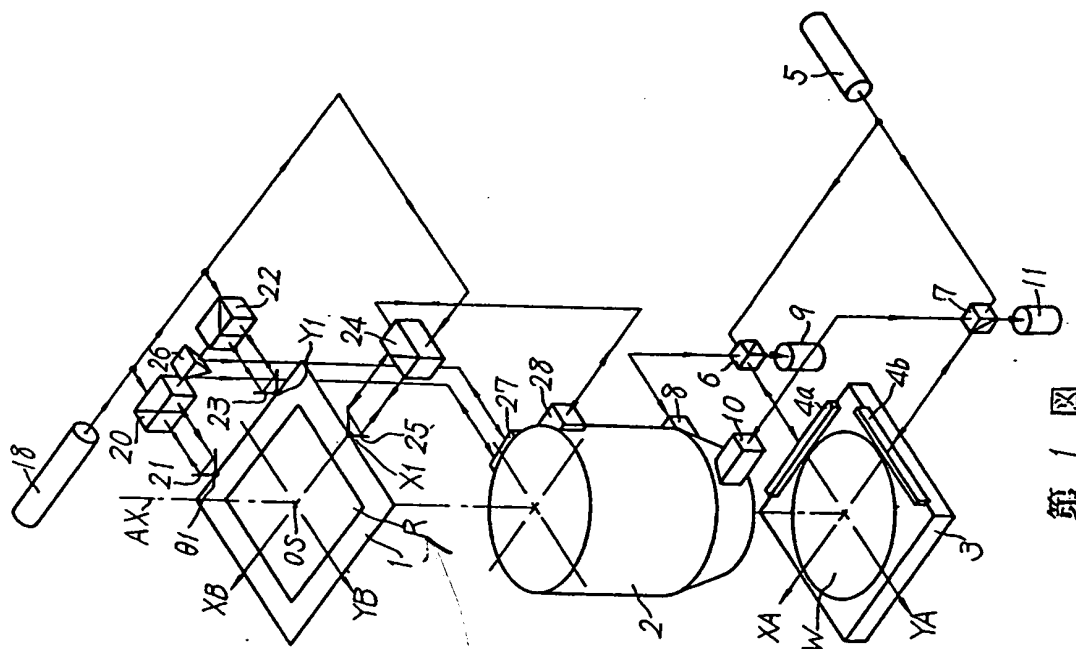
- 1……レチクルステージ
- 2……投影レンズ
- 3……ウェハステージ

- 6、7……ビームスプリッタ
 8、10……固定鏡、 9、11……レシーバ
 20、22、24……ビームスプリッタ
 21、23、25……直角ミラー
 27、28……固定鏡
 36、37、38……レシーバ
 R……レチクル、 W……ウェバ

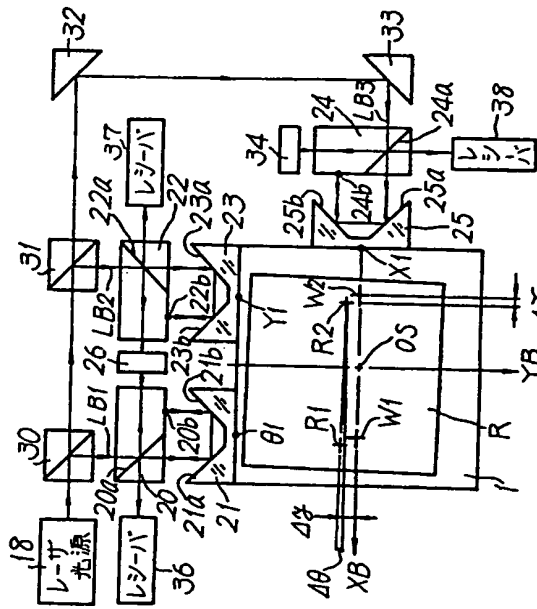
出願人 日本光学工業株式会社
 代理人 渡辺 隆 男



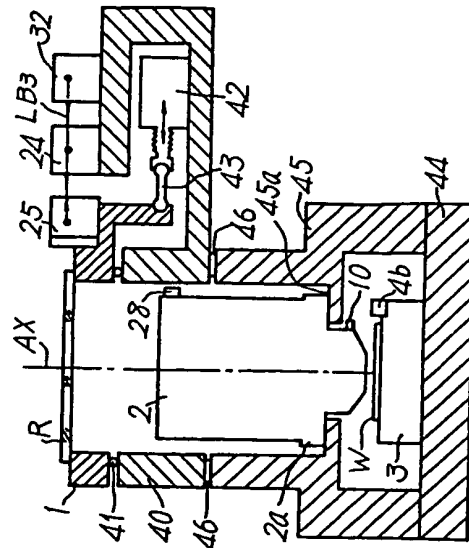
第 4 図



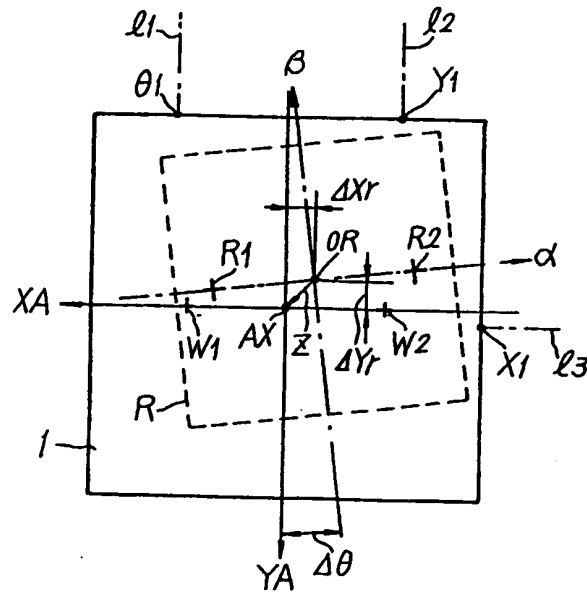
第 1 図



第 2 図



第 3 図



第 5 図